

Laserwetter

Jürgen Kästel

Institut für Technische Physik

DLR, Stuttgart



Wissen für Morgen



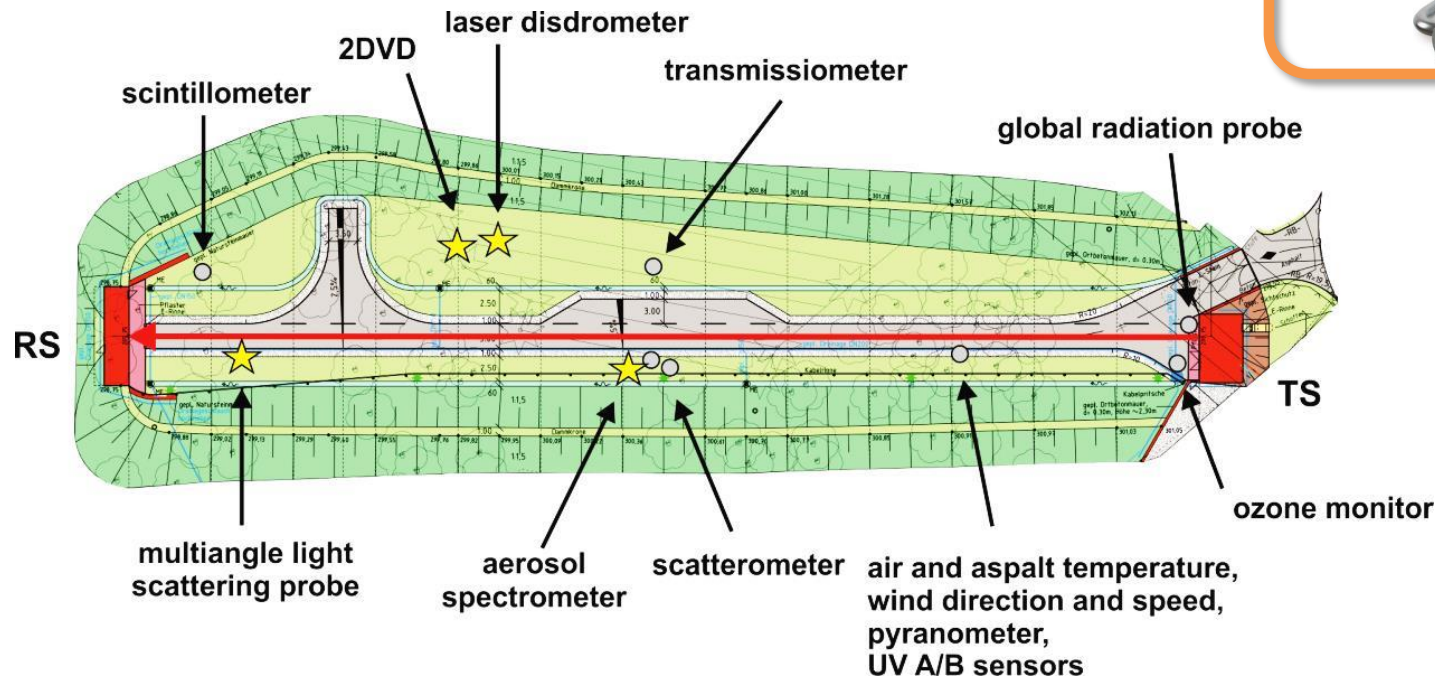
Motivation

- Propagation von Laserstrahlung stark beeinflusst von
 - Absorption/Streuung (Regen, Schnee, Aerosole, ...)
 - ➔ Abschwächung
 - ➔ thermal blooming
 - Turbulenz
 - ➔ Strahlverbreiterung, Strahllageschwankungen
- Streuung an Regen/Schnee/Aerosolen wichtig zur Beurteilung von Gefährdung
- Vorhersagefähigkeit der Strahleigenschaften aus möglichst einfachen meteorologischen Eingangsgrößen



Meteorologische Instrumentierung

- Freistrahlstrecke in Lampoldshausen: 130 m lang und mit diversen Sensoren ausgerüstet
- Meteorologische Daten werden kontinuierlich aufgenommen



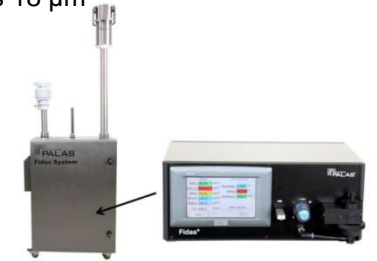
Laser-Distrometer

- Laser-Distrometer (Thies)
- Durchmesser- und Geschwindigkeitsverteilung des Niederschlags
- Durchmesser von 0.16 mm bis 8 mm
- Unterscheidung von Niederschlagsarten



Aerosol-Spektrometer

- Fidas 200 S (Palas)
- Anzahlverteilung der Aerosolpartikel
- Durchmesser im Bereich von 0.18 µm bis 18 µm



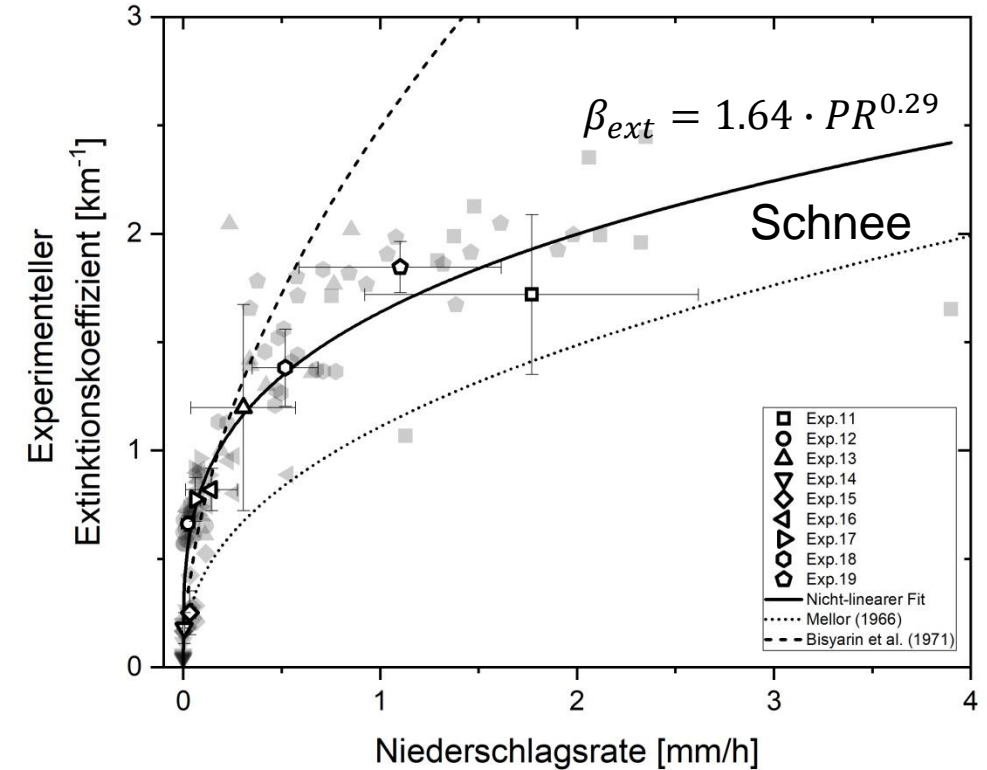
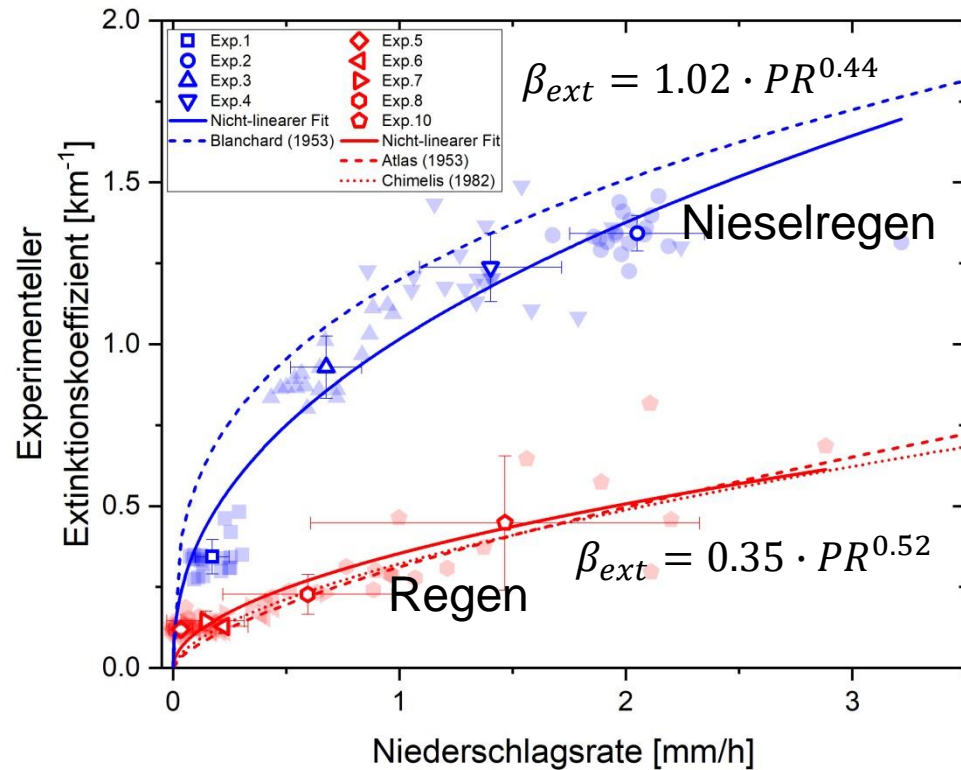
Szintillometer

- SLS20-A (SCINTEC)
- Refraktionsstrukturparameter (C_n^2)



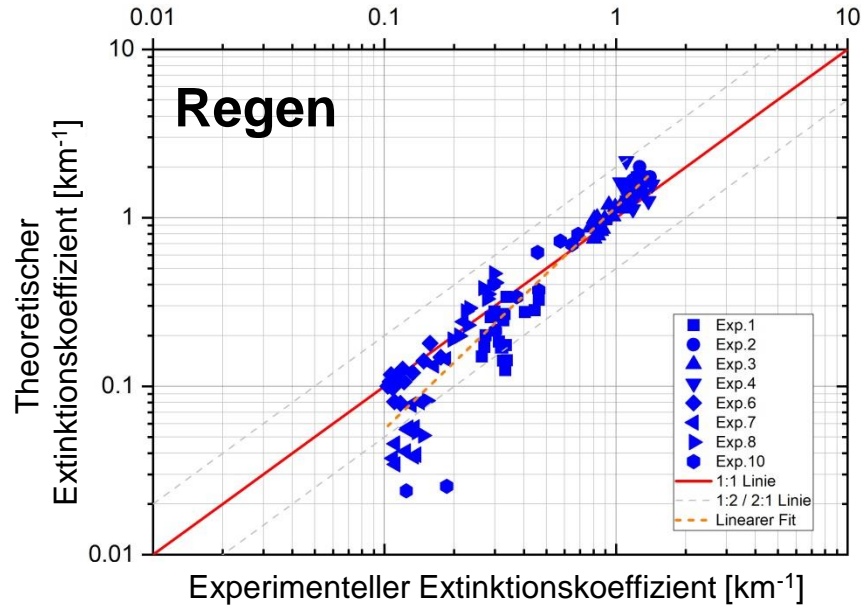
Niederschlag

Korrelation zwischen experimenteller Extinktion und Niederschlagsrate

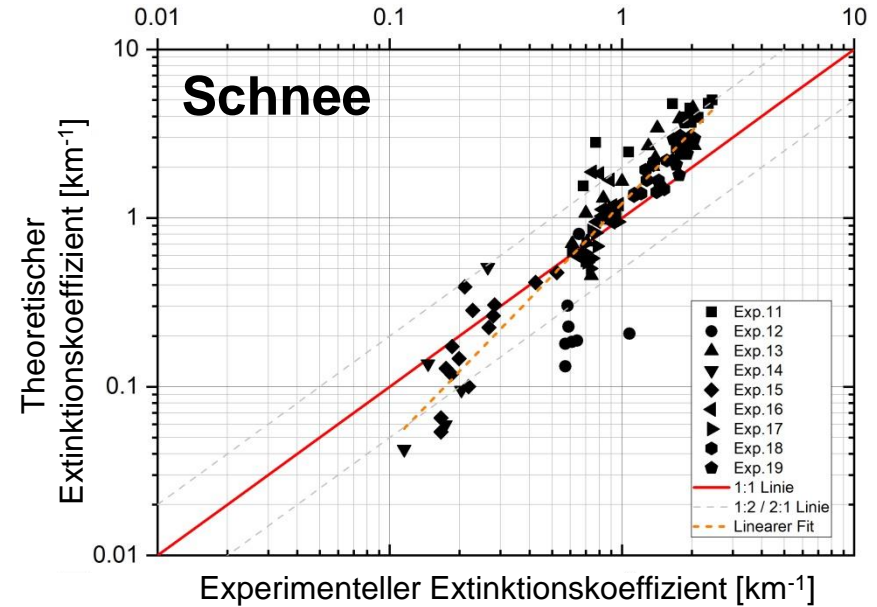


Niederschlag

Vergleich von experimentellen und berechneten Extinktionskoeffizienten



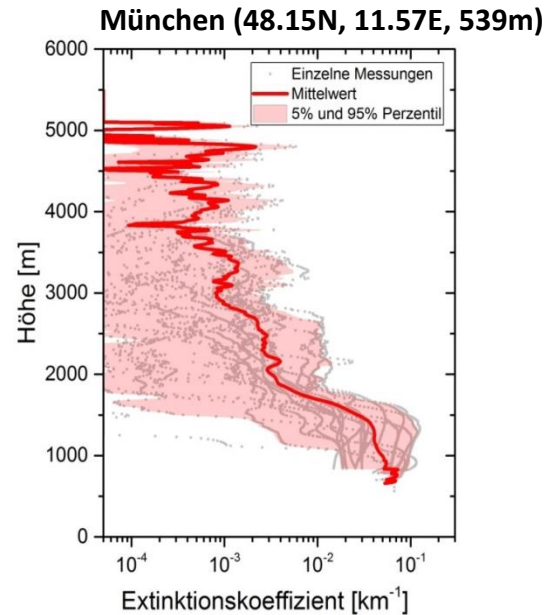
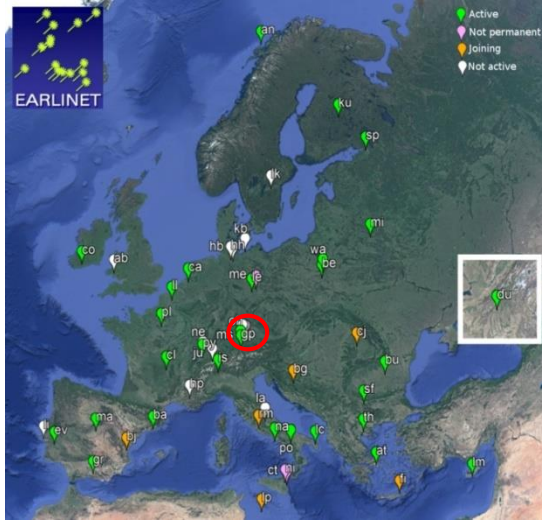
Mie-Theorie (Kugeln)



Stäbchen, Zylinder, hex. Säulen

Modellierung erlaubt Unterscheidung von Absorption + Streuung
→ Grundlage für Vorhersagefähigkeit Gefährdung durch Streustrahlung
→ Grundlage thermal blooming

Aerosole: Modell für mittlere Höhen



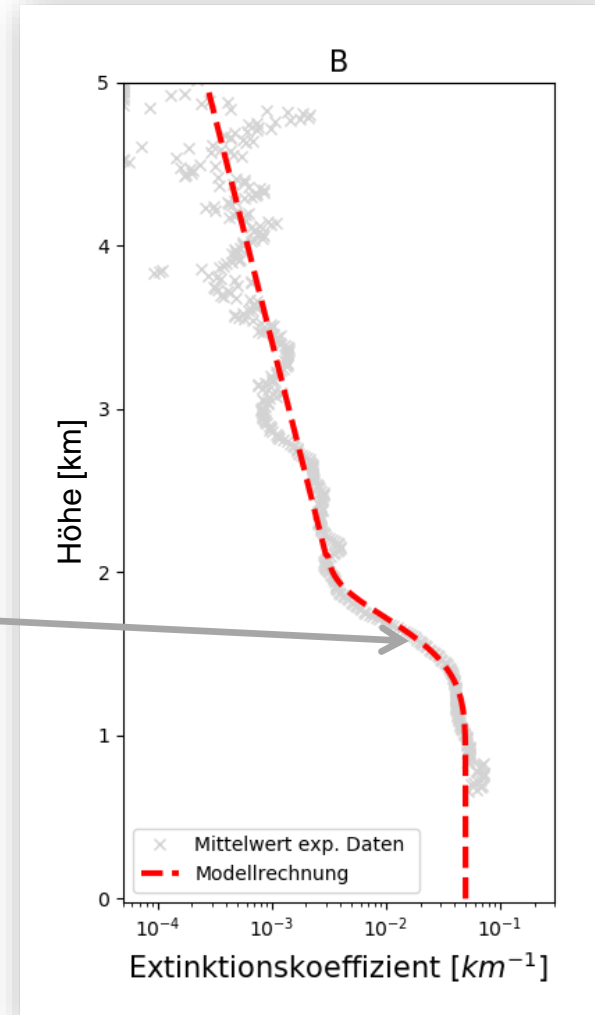
- EARLINET (*European Aerosol Research LIDAR Network*)
- Höhenprofile der Rückstreukoeffizienten und Extinktionskoeffizienten von Aerosolpartikeln

- Schichtmodell für die Extinktion an Aerosolpartikeln
- Durchmischung unterhalb atm. Grenzschicht

atm. Grenzschicht

benötigte Parameter:

- Höhe der atm. Grenzschicht
- Aerosolmodell am Boden

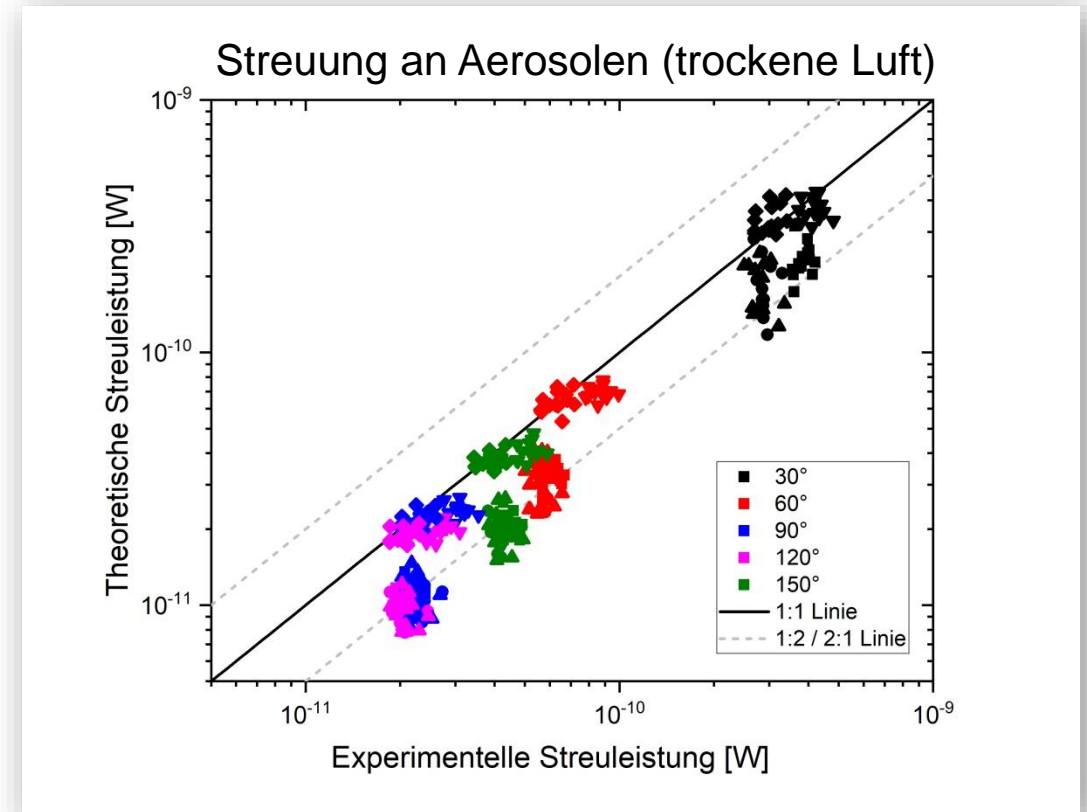
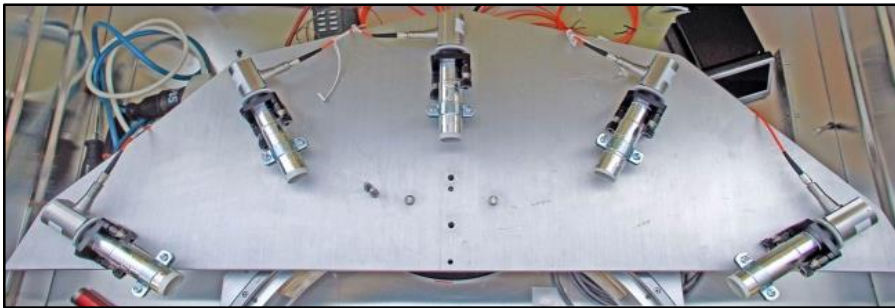


Aerosole

Vergleich von experimentellen und berechneten Streuleistungen

Modellierungsansatz:

1. Annahme Aerosolzusammensetzung
 - Staub, Ruß, Nebel, Pollen, ...
2. Messung Größenspektrum
 - Aerosol-Spektrometer
3. Streuung/Absorption nach Mie
4. Vergleich mit Streuexperiment
5. (Rückkopplung auf Aerosolzusammensetzung)

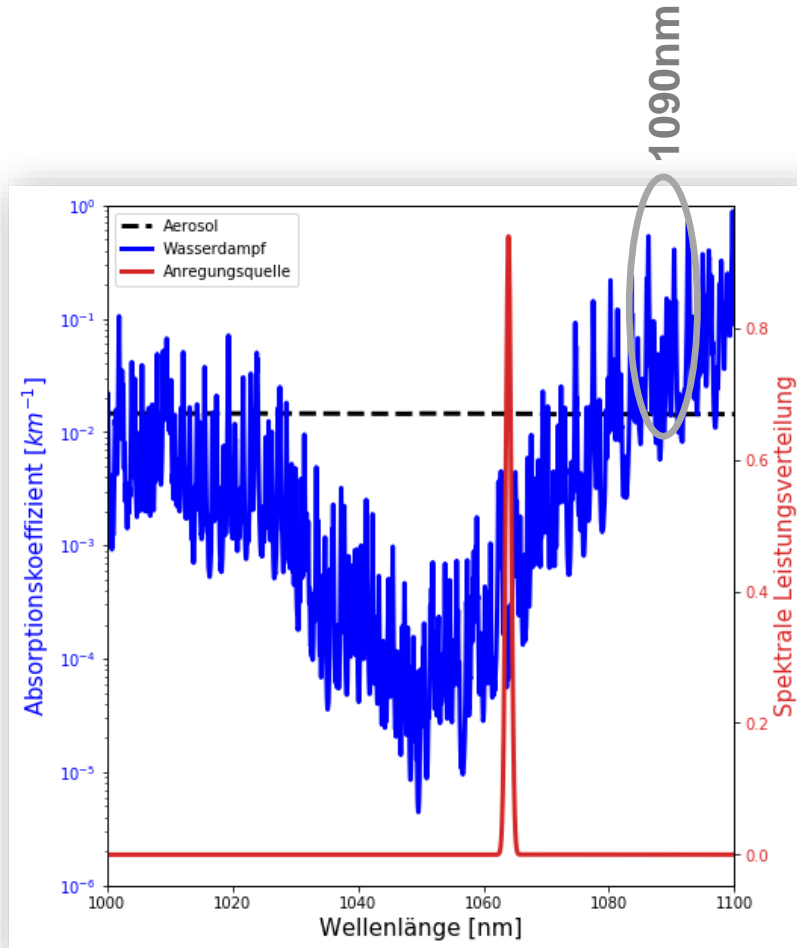


→ **validierte** Vorhersage Absorption/Streuung von Aerosolen

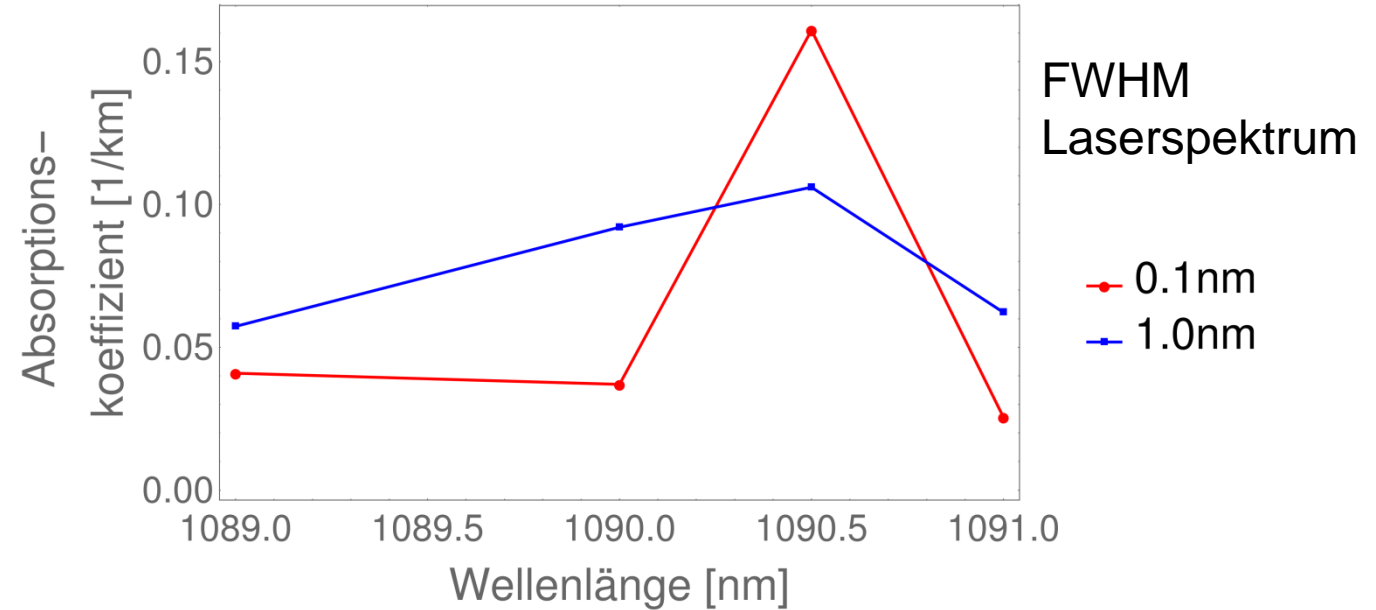


Aerosole / Moleküle

Spektrum der Absorptionskoeffizienten



effektives Spektrum der Absorption @ 1090nm



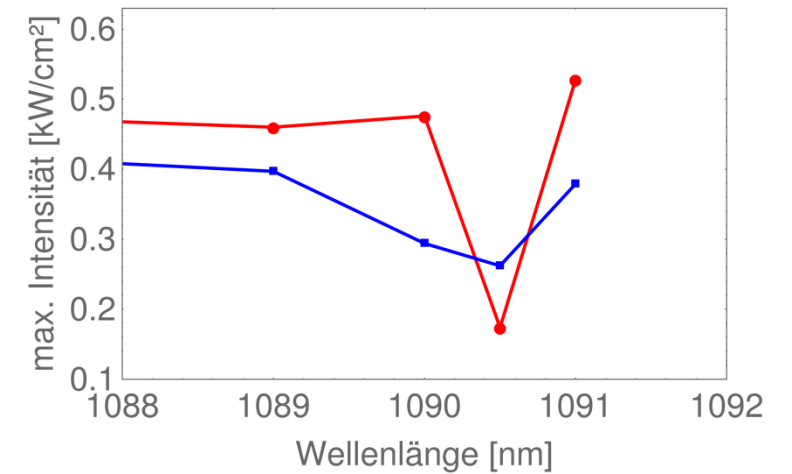
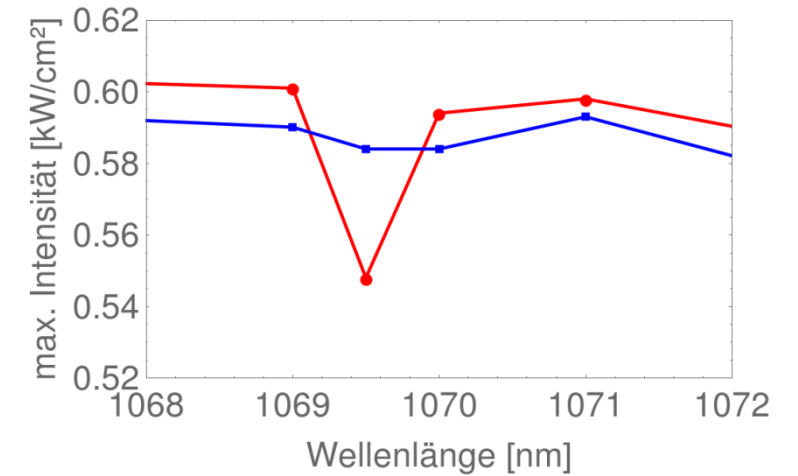
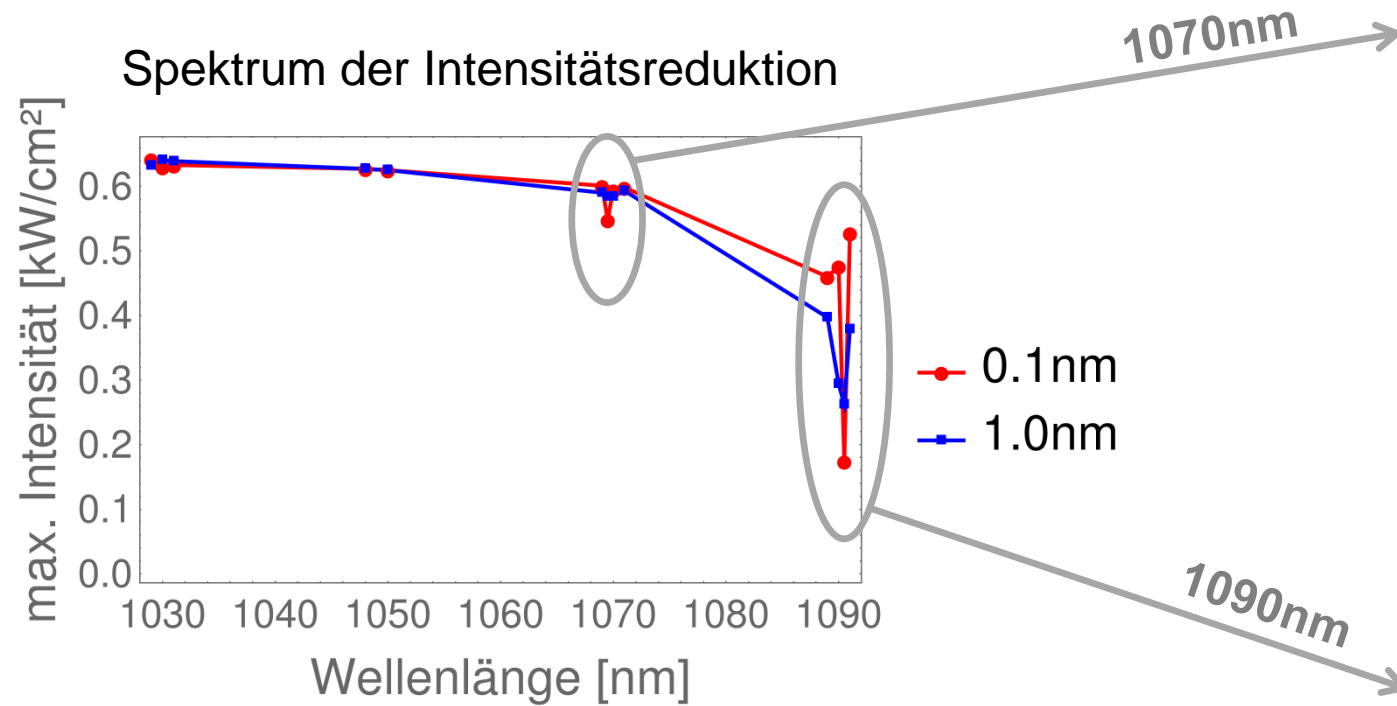
Annahmen

- Molekulare Absorption hauptsächlich durch Wasserdampf
- Sättigung (100% RH) @ 20°C → worst case
- Typische ländliche Aerosole (d.h. $n=1.52-0.015i$)
- Aerosolverteilung für eine Sichtweite von 23km



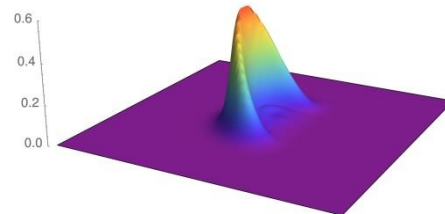
Aerosole / Moleküle

Auswirkung: Thermal blooming – Intensitätsreduktion



Propagation über 2 km

Laserleistung: 2 kW
Strahlradius: 5 cm
Seitenwind: 10 m/s

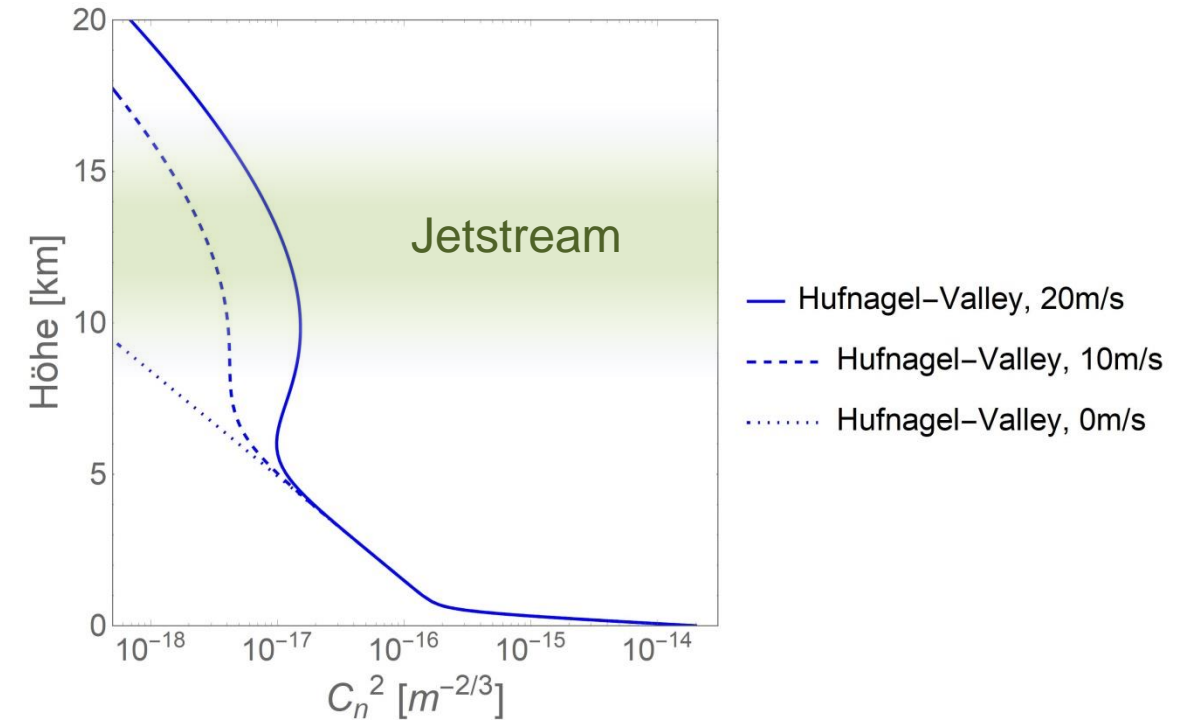


Turbulenz

Höhenmodelle der Turbulenzstärke

Hufnagel-Valley (HV)

- sehr weitverbreitet
- nicht für bodennahe Schichten



Parameter:

- mittl. Windgeschwindigkeit Jetstream
- Turbulenzstärke C_n^2 am Boden



Turbulenz

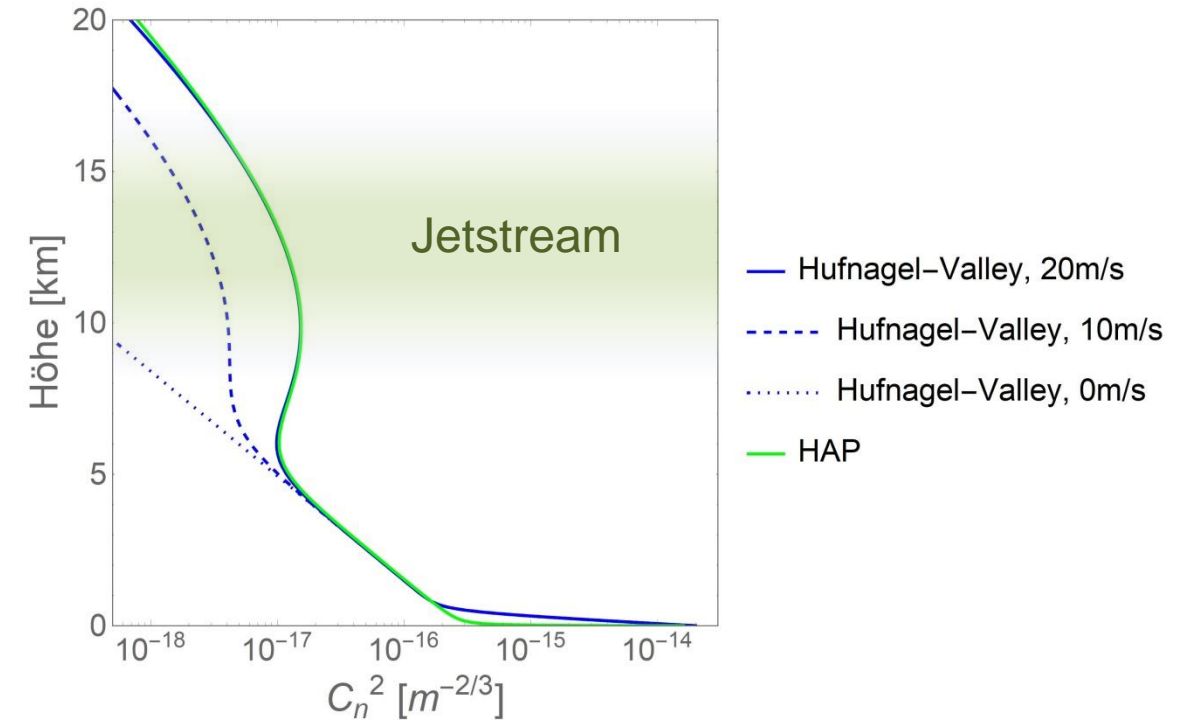
Höhenmodelle der Turbulenzstärke

Hufnagel-Valley (HV)

- sehr weitverbreitet
- nicht für bodennahe Schichten

HAP

- Weiterentwicklung von HV
- bodennahe Schichten berücksichtigt



Parameter:

- mittl. Windgeschwindigkeit Jetstream
- Turbulenzstärke C_n^2 am Boden
- Referenzhöhe



Turbulenz

Höhenmodelle der Turbulenzstärke

Hufnagel-Valley (HV)

- sehr weitverbreitet
- nicht für bodennahe Schichten

HAP

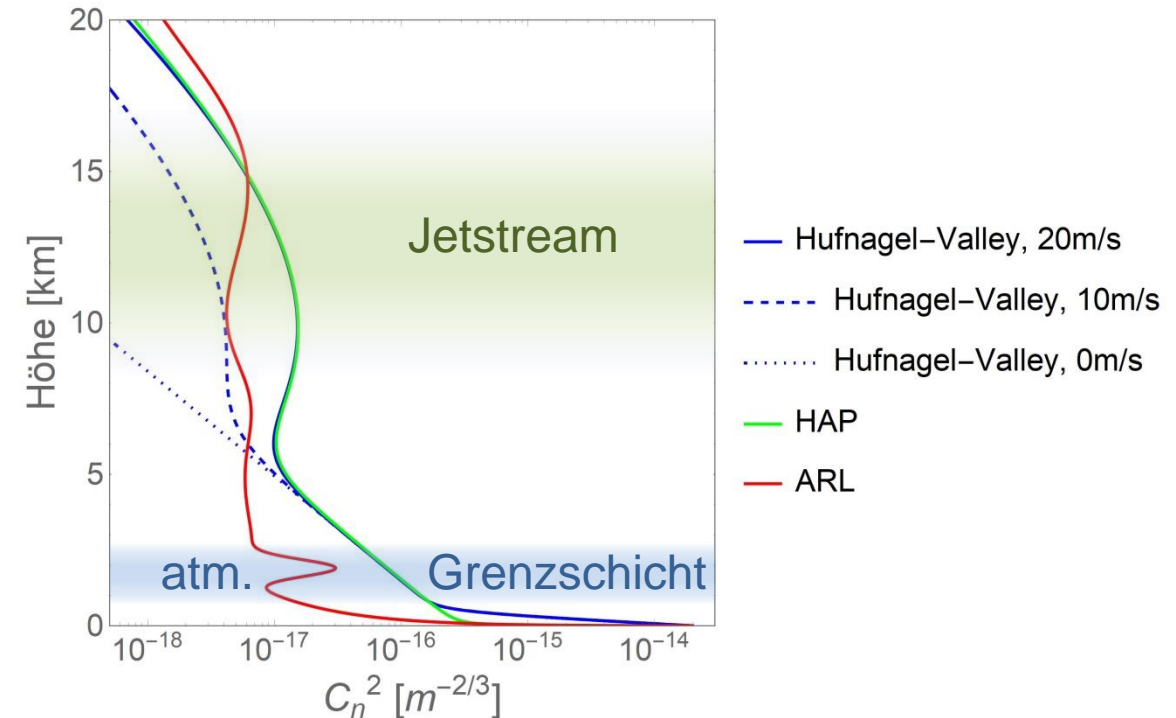
- Weiterentwicklung von HV
- bodennahe Schichten berücksichtigt

ARL

- mikrometeorologisches Modell für bodennahe Schichten
- Berücksichtigung atm. Grenzschicht

Parameter:

- Windgeschwindigkeit + Temperatur + Druck am Boden
- Turbulenzstärke C_n^2 am Boden
- Höhe der atm. Grenzschicht
- Referenzhöhe



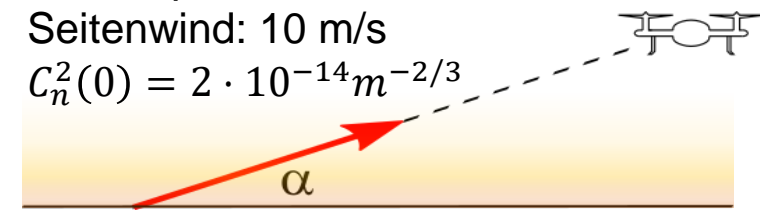
Turbulenz

Höhenmodelle der Turbulenzstärke

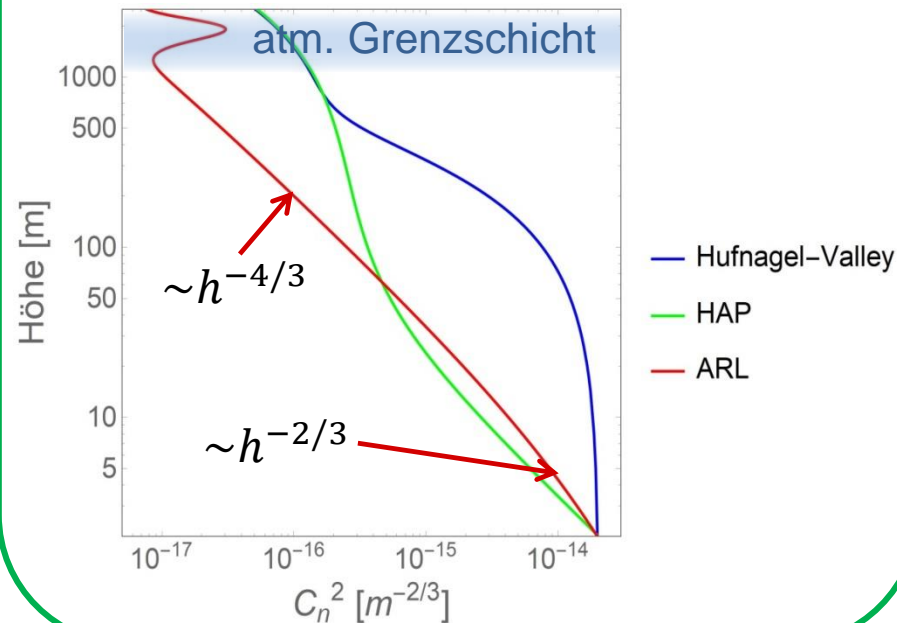
Entfernung: 3 km

Teleskop-Ø: 30 cm

Seitenwind: 10 m/s

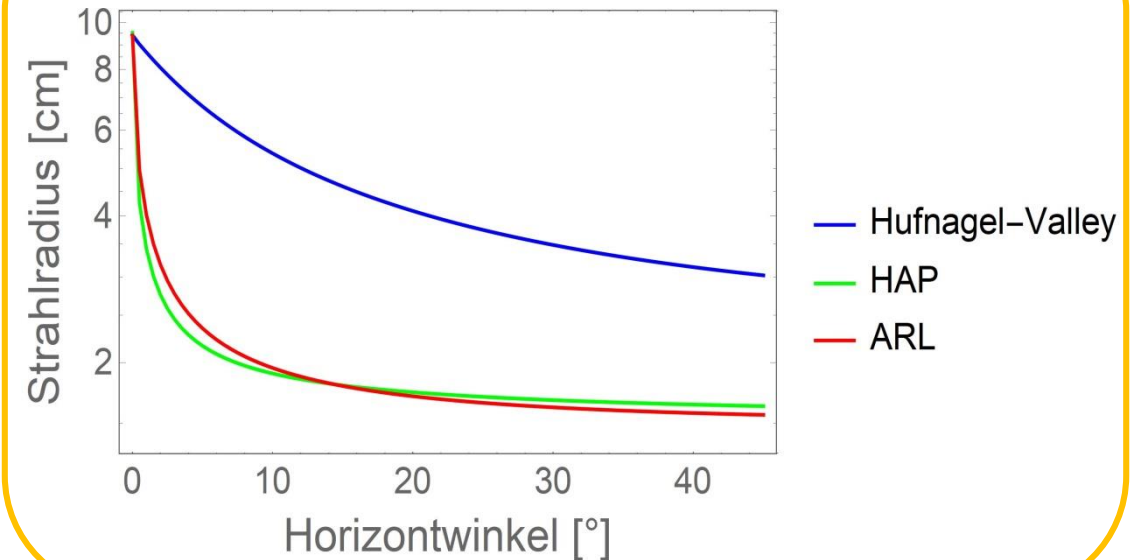
 $C_n^2(0) = 2 \cdot 10^{-14} \text{ m}^{-2/3}$ 

Höhenmodelle für bodennahe Schichten



analytische Formel

Auswirkung auf Strahlpropagation

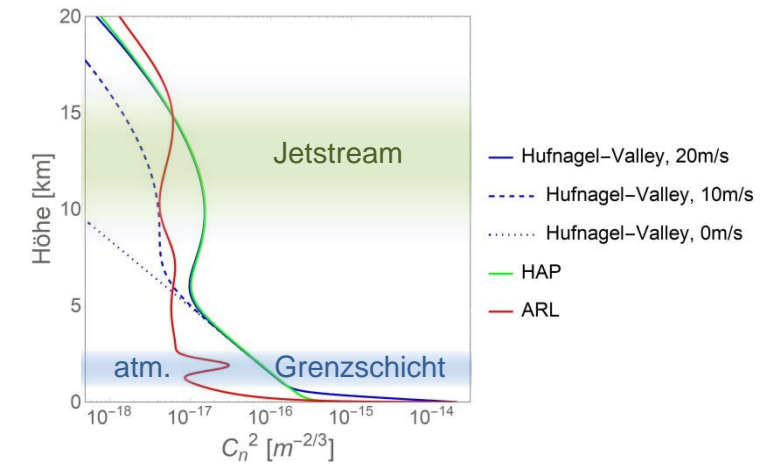
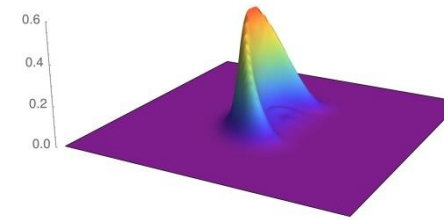


- Windgeschwindigkeit + Temperatur + Druck am Boden → Messung
- Turbulenzstärke C_n^2 am Boden → Messung
- Höhe der atm. Grenzschicht → Wetterbericht
- Referenzhöhe

Vorhersage Strahlverbreiterung

Zusammenfassung

- Regen/Schnee/Aerosole:
Modellierung der Streuung/Absorption
→ Abschwächung
→ Grundlage für Vorhersage von Gefährdung
→ Input für thermal blooming
- Turbulenz: Höhenmodell etabliert
→ Vorhersage der Strahlverbreiterung



weiterführende Fragenstellungen

- Gefährdung durch **Streustrahlung** an Regentropfen/Schnee?
- Fortführung des **Aerosol-Höhenmodells** in Bodennähe?
- tatsächliche Stärke thermal blooming
 - Übergang Wärme von **Regentropfen/Aerosolen** an Atmosphäre
- **meteorologische** Vorhersage C_n^2 am Boden

